



# RBES

Revista Brasileira de  
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

**v.13, n.Esp, p.55-66 dez.2024**

## COMPORTAMENTO DA MAGNITUDE DO VENTO E DA PRESSÃO ESTÁTICA EXERCIDA NA ESTRUTURA DE SILO SECADOR-ARMAZENADOR

Lígia Maria Molina Pedroni<sup>1</sup>; José Gabriel Vieira Neto<sup>1</sup>

Universidade Federal do Paraná

### Palavras-chave:

vento estrutural; pós-colheita; velocidade e pressão

### Resumo

A agricultura familiar representa cerca de 77% da população rural e gera 23% da produção agropecuária nacional, com destaque para o sul do país. No entanto, as atividades de pós-colheita para esse público muitas vezes não são possíveis de implementar pela especificidade e custo do projeto. Nesse contexto, a implementação de silos secadores-armazenadores de menor capacidade, mas que integram os processos de secagem e armazenamento na mesma estrutura. Este estudo avaliou a viabilidade de um silo desse tipo no município de Jandaia do Sul, analisando o escoamento de vento e a pressão estática em suas estruturas, simulando condições de vento de até 44,77 m/s. Os resultados indicaram que a estrutura é viável, sendo capaz de suportar as pressões estáticas e os ventos, contribuindo para a eficiência na conservação de grãos e prevenindo a condensação no telhado. Conclui-se que a instalação desses silos é adequada para a região e torna-se uma alternativa para produtores armazenarem seus produtos.

## BEHAVIOR OF WIND MAGNITUDE AND STATIC PRESSURE APPLIED TO THE STRUCTURE OF A DRYER-STORAGE SILO

**Keywords:** Structural wind; Post-harvest; Velocity and pressure

### Abstract

Family farming accounts for approximately 77% of the rural population and generates 23% of national agricultural production, with a significant presence in the southern region of the country. However, post-harvest activities for this demographic are often challenging to implement due to the specificity and cost of the required infrastructure. In this context, the adoption of smaller-capacity drying-storage silos, which integrate drying and storage processes into a single structure, presents a viable solution. This study evaluated the feasibility of such a silo in the municipality of Jandaia do Sul, focusing on wind flow and static pressure analysis under simulated wind conditions of up to 44.77 m/s. The results indicated that the structure is viable, capable of withstanding static pressures and high winds, contributing to grain conservation efficiency and preventing roof condensation. It is concluded that the installation of these silos is suitable for the region and offers an alternative for producers to store their products effectively.

Artigo Submetido dia 22/09/2024

Artigo Aceito dia 13/12/2024

## INTRODUÇÃO

A produção agrícola brasileira de grãos vem ganhando cada vez mais destaque pelos índices obtidos nas últimas safras, por meio de adoção de tecnologias a fim de potencializar a sua produtividade e eficiência de operação. Inclui-se nesse avanço o uso de sementes com melhoramento genético, técnicas de manejo integrado de pragas e doenças, tecnologias embarcadas, além de práticas de agricultura de conservação do solo e recursos hídricos. No entanto, o aumento na produção de grãos não condiz com o desenvolvimento das infraestruturas de armazenamento em todo o território nacional, evidenciando assim déficits em determinadas regiões do país (SILVA et al., 2024).

Perante a tal circunstância, a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023) na safra 2023/2024, destacou que o Brasil possuía 17,9 mil unidades armazenadoras, sendo responsáveis por uma capacidade estática de aproximadamente 203,7 milhões de toneladas de grãos. No entanto, não sendo o suficiente para ser capaz de atender a demanda de aproximadamente 322,8 milhões de toneladas produzidas. Com isso, colocando a margem de aproximadamente 40 milhões de toneladas/ano de grãos sem abrigo, de acordo com uma estimativa apresentada pela Conab, impactando de modo significativo o mercado interno e externo.

Devido ao aumento da demanda da produção agrícola, evidencia-se os desafios com logística e armazenamento, não bastando apenas buscar maior índice de produtividade no campo, sendo que não há capacidade de infraestrutura de armazenamento para toda a demanda

produzida, por tanto, o sistema deve seguir o ritmo de desenvolvimento.

Ao ser capaz de armazenar quantidades superiores do que foi produzido, é de grande importância para o bom funcionamento de toda a cadeia logística de escoamento da produção de grãos, pois assim, favorece dois cenários: a venda do produto em épocas de comercialização favorável ao produtor e reduzindo o congestionamento da cadeia ao decorrer da safra, em destaque os pontos de descarregamento como os portos (GALLARDO et al., 2010).

Considerando que o processo de armazenagem exerce função estratégica perante o agronegócio brasileiro, por diversas vertentes, a produção pode ser caracterizada por concentração espacial, sazonalidade e perecibilidade, e ela também é uma demanda contínua, territorialmente dispersa e exige produtos de qualidade (RAMOS e RAMOS, 2024).

Um dos componentes da Política Agrícola coordenada pelo MAPA implementa três frentes de ação: formação e gestão de estoques públicos; controle de rede armazenadora; e financiamento de investimento privado na ampliação e melhoria das unidades armazenadoras. No que se diz respeito a este último, diversos programas foram criados e implementados ao longo da política agrícola brasileira, a fim de incentivar a implementação de unidades armazenadoras, no entanto, apresentou instabilidade para que dessem continuidade.

Uma das alternativas para suprir esse déficit em todo o território nacional, cresce a procura por desenvolvimento e implementação de unidades armazenadoras, no entanto para a

aplicabilidade desse projeto, há a necessidade de recursos financeiros. Grandes produtores de grãos tendem a ter maior acessibilidade a estes recursos, com taxas de juros a partir de 7% para unidades com capacidade de até 6 mil toneladas. De acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), o projeto de financiamento PCA – Programa para Construção e Ampliação de Armazéns, busca financiar produtores e cooperativas rurais para construção, ampliação, modernização ou reformas de armazéns, oferecendo juros de 7% a 8,5% e um valor máximo financiável de 50 milhões com o prazo máximo de quitação de 12 anos (BNDES, 2024).

Para os pequenos e médios agricultores, o acesso a estes fundos de financiamento são dificultados por, principalmente, dois motivos: alto custo de investimento e menor produção. Assim, os silos com capacidades maiores acabam se tornando inviáveis para instalação a nível fazenda quando a propriedade não possui grandes extensões.

A contribuição de produtores rurais enquadrados como agricultura familiar representa cerca de 77% da população rural, e assim, possui grande representatividade na agricultura nacional, gerando cerca de R\$107 bilhões como valor da produção anual, equivalendo a 23% de toda produção agropecuária brasileira, com destaque a região sul, onde concentra maior parte desses produtores (IBGE, 2017).

Esses produtores são responsáveis pela produção de uma diversidade de alimentos, em especial no estado do Paraná, podendo citar a representação de 10 mil estabelecimentos rurais que produzem café, 129 mil que produzem

milho, e de 84,6 mil que produzem soja, conforme destaca o Censo Agropecuário de IBGE, realizado em 2017 (IBGE, 2017). Dessa forma, a produção agrícola que abrange esses produtores torna-se muito representativa em relação a produção de alimentos, geração de empregos e renda para a população.

Os agricultores de menor porte, em grande parte, não possuem acesso a tecnologias em nível de propriedade relacionadas à pós-colheita. Nesse sentido, instituições de extensão e pesquisa rural, como o caso de EMATER e do IDR no Paraná, são responsáveis pelo desenvolvimento, assessoria e acolhimento destes produtores.

Como proposta de desenvolvimento da cadeia de pós-colheita para pequenos e médios produtores, a EMATER/RS-Ascar propôs um modelo de silo secador-armazenador, com capacidades inferiores às praticadas por silos comerciais, e que contempla um sistema de secagem e de armazenamento na mesma estrutura, na qual, ocorre menor movimentação dos grãos, diminuindo, com isso, a quantidade de fragmentos nos produtos estocados. O custo de secagem e aeração dos grãos é menor em virtude da menor capacidade estocada de produto por silo.

No sentido de fornecer subsídios à implantação desse sistema de secador-armazenador em pequenas propriedades rurais, objetivou-se nesse estudo a avaliação do comportamento da magnitude da velocidade do vento e a pressão estática exercida no silo, dadas duas posições diferentes do telhado em formato de uma água.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de armazenagem contribui

para que ocorra um equilíbrio na oferta e demanda, de modo que viabiliza a conservação do produto, reduzindo perdas e desperdícios, possibilitando que o produtor obtenha maior rentabilidade. Conforme Ramos e Ramos (2024), tem sido recorrente o apontamento de limitações ou déficits na capacidade instalada, além de técnicas inadequadas e desequilíbrios geográficos de implantação em diversos estudos.

A Coordenação-Geral de Infraestrutura Rural e Logística da Produção do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), reconhece que diversas das principais microrregiões produtoras estão com deficiência de armazéns, ou seja, a sua capacidade de armazenagem oferecida é inferior à sua produção total (OLIVEIRA et al., 2022).

Em sua página web, a Emater/RS-Ascar aborda uma breve descrição do silo, e apresenta os pré-requisitos para produtos rurais se inscreverem para obter em suas propriedades os modelos, podendo destacar que estes silos têm a dupla função de secagem e armazenagem de grãos, sendo construídos em alvenaria armada com ferros de construção. Os tijolos para elevação do silo são assentados com argamassa polimérica, o que diminui o desperdício de materiais, além de diminuir o custo da construção. A secagem e a armazenagem são realizadas no mesmo silo, com menor movimentação dos grãos, diminuindo, com isso, a quantidade de fragmentos nos produtos estocados.

O custo de secagem e aeração dos grãos é menor em virtude da menor capacidade estocada de produto por silo. O uso de ar natural preserva as qualidades dos produtos colhidos, seja

para consumo humano ou animal. O gasto com transporte dos grãos fica menor, porque normalmente o custo do frete é maior durante a época da colheita. O produtor que estoca em casa consegue preços médios mais compensadores ao longo do ano do que os praticados à época da colheita. Outras vantagens são uma menor perda por ataque de pragas, principalmente de insetos, e uma menor contaminação por fungos; conseqüentemente, diminui o risco de produção de microtoxinas nos grãos que serão utilizados no consumo humano e na fabricação de rações. (RIO GRANDE DO SUL, 2024).

O estado do Paraná, assim como diversas regiões do estado do Rio Grande do Sul, possui grandes incidências de velocidade básica dos ventos, conforme apresentado pela NBR 6123 (2023) em suas isopletras, atingindo valores acima de 40 m/s. Esse vento pode ser um aliado na composição do ar de secagem e aeração nos sistemas com ventilação natural, em especial no modelo de silo secador-armazenador, que não é um sistema hermético. Além disso, dadas as características da cobertura, o vento também pode causar problemas estruturais, dadas as altas intensidades dessas regiões.

Soriano, Shiguemoto e Vieira Neto (2024) descrevem que técnicas experimentais de estudos do escoamento do vento em estruturas em escalas reais podem ser limitadas principalmente ao controle das características do vento, como intensidade e direção do fluxo. Além disso, os investimentos de tempo e recursos financeiros necessários para construir o protótipo são fatores essenciais que podem restringir as condições experimentais.

Testes com modelos em escala reduzida realizados em túnel de vento fornecem dados para análise da distribuição de pressão em diferentes casos de construção e são altamente recomendados para projetos não contemplados por normas específicas para ações do vento, como é o caso de silos secadores-armazenadores.

A ferramenta de simulação CFD (Dinâmica dos Fluidos Computacional) proporcionou um grande avanço tecnológico na avaliação dos efeitos do vento na construção civil, devido às possibilidades de modificações rápidas e implementação de variáveis que afetam o comportamento do ar ao fluir através de objetos modelados, neste caso, as construções. Baseada em um modelo matemático que representa o fluxo de ar pelas leis da dinâmica dos fluidos, a discretização espacial por elementos de volume exige uma malha cuja densidade deve ser adequada para garantir a precisão dos resultados (SORIANO, SHIGUEMOTO E VIEIRA NETO, 2024).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Como proposta para análise da simulação numérica do vento, elaborou-se as geometrias das estruturas em três dimensões no software AutoCAD 2024 (student version), para posterior exportação, em formato [.iges], para o software Autodesk CFD (student version).

Em todos os casos simulados pela fluidodinâmica considerou-se apenas a ação do vento na direção perpendicular à cumeeira, direção essa em que os coeficientes de pressão externos se apresentam bem distintos em relação às faces de telhado e parede, bem como em relação as posições dos planos à

barlavento e à sotavento. Já na direção do vento paralelo a cumeeira, observa-se que os valores dos coeficientes de pressão são constantes ou pouco variam para as zonas de parede e de telhado, conforme apresentados pela ABNT NBR 6123 (2023). No entanto, sugere-se que nas elaborações dos projetos é imprescindível a avaliação do vento na direção paralela, bem como a avaliação dos efeitos nas zonas em que são estabelecidos os coeficientes de alta sucção.

## MODELOS SIMULADOS

Os modelos elaborados para simulação levaram por base um padrão de silo secador-armazenador de medidas: 2,80 metros de diâmetro interno, 2,40 metros de altura do topo ao fundo do plenum, 0,40 metros de altura do plenum, com base de 0,30 metros de largura e simulação de espaço para encaixe do ventilador (Figura 1).

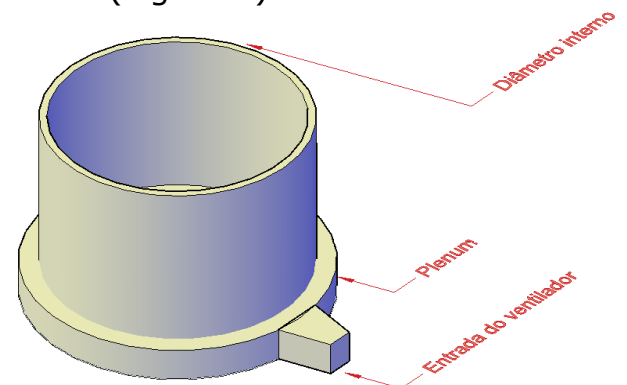


Figura 1 – Modelo do silo secador-armazenador simulado.

Essas dimensões praticadas permitem o armazenamento de aproximadamente 150 sacos de milho (60 kg com peso específico de  $750 \text{ kg/m}^3$ ), considerando uma margem de sobra na parte superior do silo de 5 cm. Esse modelo é considerado de pequeno porte, no entanto, atende uma produção de agricultura familiar com produção em até

cerca de 2 hectares, dada a produtividade média do estado do Paraná. Somado a esta justificativa, optou-se por realizar a simulação em um modelo menor, dado o consumo de processamento computacional pela fluidodinâmica, que utiliza grandes volumes de memória e processamento, o que poderia dificultar a execução do estudo.

Os fatores de variação deste estudo foram basicamente em relação a forma do telhado, sendo estes apresentados na Figura 2.

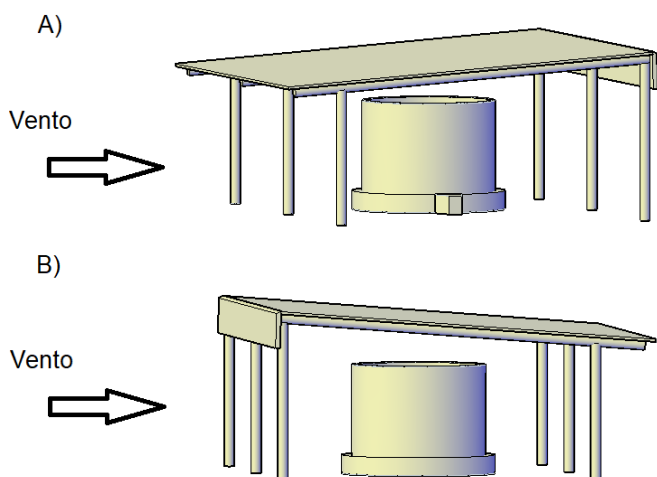


Figura 2 – modelos com coberturas simulados. A) telhado de uma água com escoamento à esquerda; B) telhado de uma água com escoamento à direita.

As dimensões aplicadas na estrutura estão demonstradas na Figura 3.

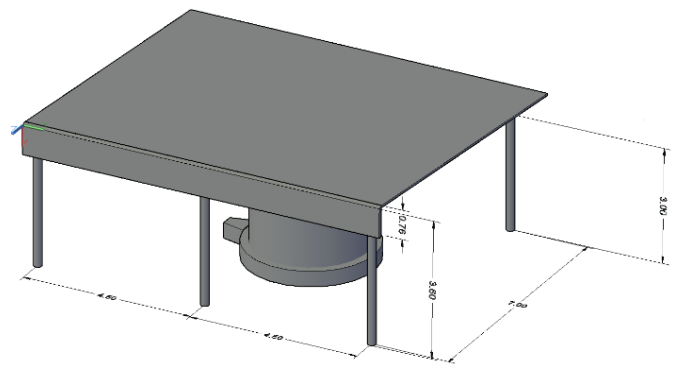


Figura 3 – Dimensões da estrutura, unidades em metros.

### CONDIÇÕES DE CONTORNO APLICADAS

As condições de contorno aplicadas foram as mesmas para todas as simulações, no que diz respeito ao volume de controle e propriedades dos materiais sólidos e fluidos. Considerou-se as estruturas conforme o material utilizado, sendo estes o zinco para as telhas, a madeira para colunas e vigas, o concreto no silo, e, o fluido ar com as propriedades conforme descrito na Tabela 1, em que são valores do default do software Autodesk CFD.

Como velocidade do vento do escoamento, aplicou-se a velocidade de 35,95 m/s, pois este é um vento correspondente a uma velocidade básica de 40 m/s (aplicado ao município de Jandaia do Sul) segundo a NBR 6123 (2023), com posicionamento num talude plano ( $S1 = 1,0$ ), com categoria de terreno classificado como terreno aberto em nível, com poucos obstáculos isolados (Categoria II) e classe A (todas as dimensões menores do que 20 m) –  $S2 = 0,946$ ; e  $S3 = 0,95$ .

Tabela 1 - Propriedades do sólido e do fluido aplicados nas simulações.

Material	Propriedade	Valor	Unidade
Fluido: ar	Massa específica	1,20473	kg/m <sup>3</sup>
	Viscosidade	1,817x10 <sup>-5</sup>	Pa.s
	Condutividade	0,02563	W/m.K
	Calor específico	1004	J/kg.K
	Cp/Cv	1,4	ad.
	Emissividade	1	ad.
	Rugosidade da parede do volume de controle	0	m
	Temperatura	19,85	°C
Sólido: Zinco	Massa específica	7140	kg/m <sup>3</sup>
	Calor específico	389	J/kg.K
	Resistividade elétrica	5,92x10 <sup>-8</sup>	Ohm.m
	Emissividade	0,5	ad.
	Rugosidade da cobertura*	0	m
	Temperatura	19,85	°C
Sólido: madeira	Condutividade	116	W/m.K
	Densidade	510	kg/m <sup>3</sup>
	Calor específico	1380	J/kg.K
	Emissividade	0,8	ad.
Sólido: concreto	Condutividade	0,12	W/m.K
	Densidade	2306	kg/m <sup>3</sup>
	Calor específico	837	J/kg.K
	Emissividade	0,92	ad.
	Condutividade	1,1	W/m.K

Em que:

Cp/Cv – é o coeficiente de expansão adiabática;

Cp – é capacidade térmica a pressão constante;

Cv – é capacidade térmica a volume constante.

O volume de controle foi definido de acordo com os valores empregados na literatura (KATERIS et al., 2012; HA et al., 2014; NTINAS et al., 2017), respeitando-se que as paredes laterais do volume de controle proporcionassem um sistema antiderrapante (“non-slip”), a entrada do fluxo no domínio foi adotado com velocidade constante e a condição de limite de saída permitiu que o fluido deixasse o domínio sem distorções, com

pressão nula, conforme ilustração do volume de controle representado na Figura 4, na qual h representa a altura total da estrutura.

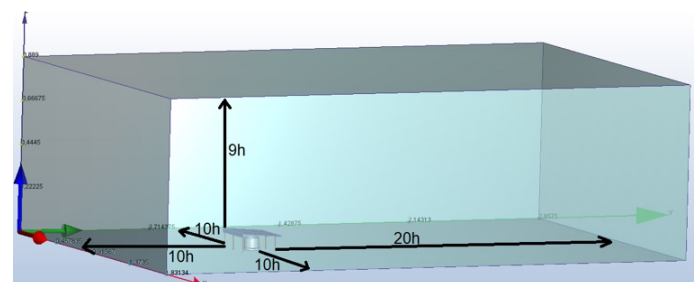


Figura 4 – Volume de controle aplicado na simulação.

As dimensões aplicadas para o posicionamento da estrutura no interior do volume de controle foram definidas com base em estratégias sugeridas pela Autodesk e valores utilizados por outros

autores (MISTRIOTIS e BRIASSOULIS, 2002; KATERIS et al., 2012; VIEIRA NETO e Soriano, 2020), aplicando dimensões no volume de controle conforme a altura máxima do telhado.

O modelo de turbulência utilizado para este estudo foi o  $k-\epsilon$ , pois este é um modelo largamente empregado no estudo da simulação do vento, na qual fornece resultados precisos. No modelo de turbulência  $k-\epsilon$  padrão, os símbolos representam as equações de transporte, na qual o  $k$  representa a energia cinética de turbulência e o parâmetro  $\epsilon$  representa a dissipação turbulenta de redemoinhos, para determinação da viscosidade turbulenta. Conforme Menter (1993), o modelo  $k-\epsilon$  é usado largamente em estudos de fluxos em diferentes situações, porém possui menor sensibilidade às condições de gradientes de pressão.

A malha aplicada nesse estudo foi da forma não estruturada, nas quais não existe padrão em sua forma. A densidade de malha alterou-se conforme a geometria das estruturas analisadas foi modificada, havendo um refinamento de malha da região de interesse.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### RESULTADOS NUMÉRICOS, DE MALHA E COMPUTACIONAIS

Em relação aos aspectos numéricos das análises do escoamento do vento sobre as estruturas, elaborou-se a Tabela 2 com os principais resultados.

Observa-se que a disposição da estrutura não alterou a distribuição numérica do número de Reynolds, tampouco alterou os fluxos de massa e de volume de escoamento do vento, dadas as manutenções de suas

geometrias e sua representatividade no volume de controle.

Tabela 2 – Parâmetros numéricos das simulações.

Estrutura	Parâmetro	Valor	Unidade
Direita	Fluxo de massa	70,51	kg/s
	Fluxo de volume	58,53	m <sup>3</sup> /s
	Número de Reynolds	3,04 x 10 <sup>6</sup>	ad
Esquerda	Fluxo de massa	70,51	kg/s
	Fluxo de volume	58,53	m <sup>3</sup> /s
	Número de Reynolds	3,04 x 10 <sup>6</sup>	ad

Quanto à malha não estruturada (Figura 5 A), aplicou-se o refinamento de malha na região de interesse (Figura 5 B), e obteve-se para o modelo "Direita" o número de 533603 elementos e 125762 nós. Para o modelo "Esquerda" após aplicação da malha e refinamento na região de interesse, obteve-se 135496 nós e 573799 elementos.

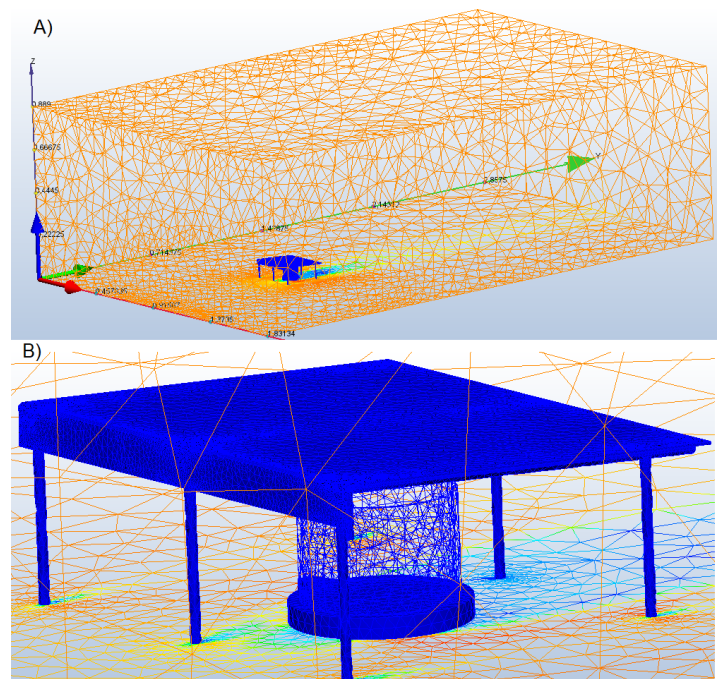


Figura 5 – Detalhe da malha não-estruturada aplicada (A), com refinamento na região de interesse (B).



## COMPORTAMENTO DA MAGNITUDE DO VENTO

Na Figura 6A o fluxo de escoamento à direita, é possível observar a velocidade aplicada variando em cada ponto do telhado e no silo-armazenador e o modo como se dissipa após o contato com a estrutura. O ponto da cumeeira se destaca como ponto de atenção, por ser atingido pelo vento com velocidade de aproximadamente 42,35 m/s, sofrendo uma ação de sucção a partir desse ponto, resultando em um aumento de tensão sobre o material do telhado, afetando a estrutura do telhado. A velocidade que passa entre o telhado e o topo do silo é de aproximadamente 30 m/s, permitindo que o fluxo de escoamento atuante nesse ponto contribua com a transferência de calor entre o fluxo de ar e os grãos, contribuindo para que não ocorra a condensação no telhado.

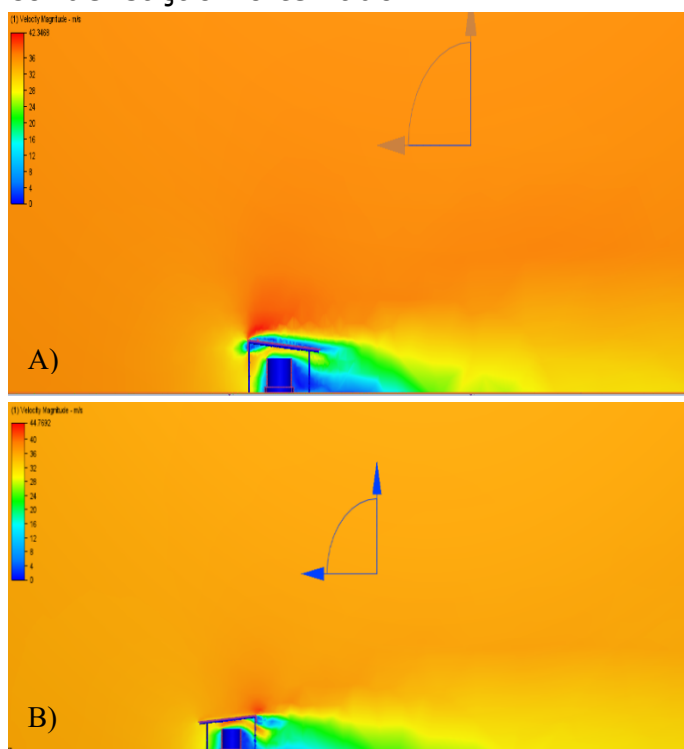


Figura 6 - Simulação de escoamento do vento no modelo à direita (A) e no modelo à esquerda (B).

Ao realizar a simulação e observar o fluxo de escoamento a esquerda (Fig. 6B), é apresentado três pontos em que o vento exerce maior pressão, sendo por ação de barlavento quanto por sotavento.

## PRESSÃO ESTÁTICA SOBRE A ESTRUTURA

De acordo com a Figura 7A, nota-se que na face a barlavento, nas colunas frontais, ocorre maior ação da pressão estática tendo como força máxima aplicada de 1561,86 Pa.

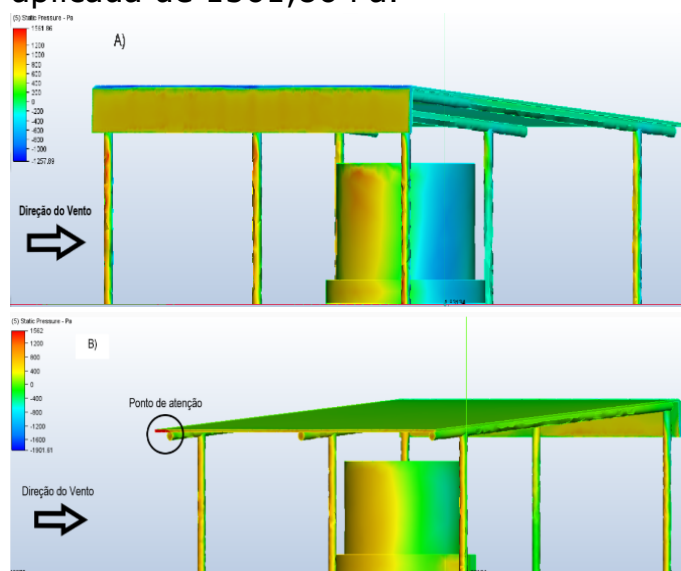


Figura 7 – Pressão estática na estrutura (A) à direita e (B) à esquerda.

Destaca-se na Figura 7B a presença de um ponto de atenção, na qual ocorre a maior pressão estática, no beiral. Esse ponto de atenção deve ser analisado no projeto, para que não se tenha o destelhamento da estrutura.

## COEFICIENTES AERODINÂMICOS

Para obtenção da média dos coeficientes de pressão em cada zona, (parede ou telhado) foram criados pontos, distantes 10 centímetros da superfície de cobertura (Garcia et al., 2011) ligados entre si, com suas coordenadas determinadas no plano XY.

Após a criação dos pontos de obtenção dos coeficientes de pressão, aplicou-se a divisão de segmentos entre os pontos, sendo este de 20 divisões. Dessa forma, foram determinados 20 valores de coeficientes de pressão entre dois pontos consecutivos. Os pontos foram afastados entre si de 30 cm.

Os resultados gráficos dos coeficientes de pressão podem ser observados nas Figuras 8A e 8B, que apresenta em mapas de cores as variações dos coeficientes ao longo da estrutura.

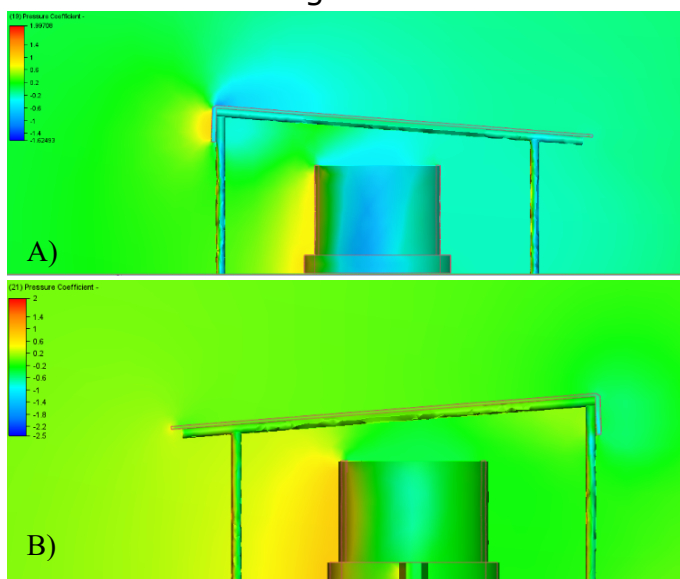


Figura 8 – Distribuição dos coeficientes de pressão no modelo à direita (A) e no modelo à esquerda (B).

Em ambos os casos, observa-se que os coeficientes aerodinâmicos de pressão variaram de aproximadamente -2,5 (região à sotavento) até a valores de +2,0 (região à barlavento), sendo que para o modelo à esquerda teve-se valores superiores ao modelo da direita, principalmente no início do beiral do telhado, corroborando com o resultado de maior pressão estática nessa região. No entanto, os demais componentes do telhado para o modelo da esquerda apresentaram redução na formação de vórtices e minimização das alterações de

sucção para sobrepressão, conforme observado na região do telhado à barlavento do modelo à direita.

O modelo à esquerda apresenta valores de coeficientes de sucção à sotavento maiores, dada a forma do telhado, o que pode acarretar uma tendência de arrancar as telhas dispostas nessa posição vertical, necessitando, assim, de uma fixação de telhas reforçada.

Em relação aos coeficientes de pressão no entorno do silo secador-armazenador, obteve-se no software os gráficos conforme as Figuras 9A e 9B.

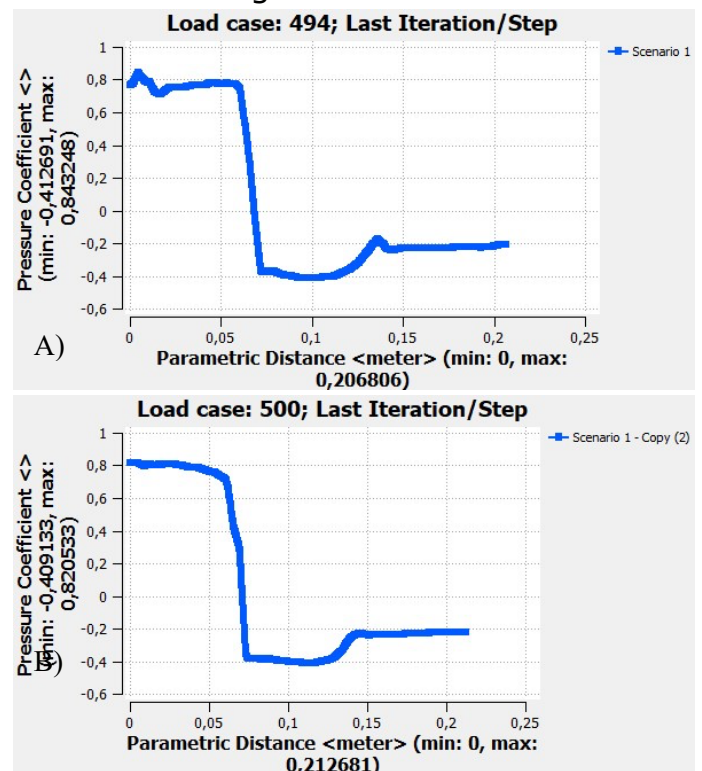


Figura 9 – Coeficientes de pressão no entorno do silo-secador-armazenador no modelo à direita (A) e no modelo à esquerda (B).

Observa-se nas distribuições dos coeficientes de pressão no entorno do silo secador-armazenador uma tendência de ocorrer sobrepressão à barlavento da base até o topo do silo, alternando para sucção do topo deste até a base à sotavento. Essa sucção é favorável à

dissipação do calor e da umidade de exaustão do ar de secagem.

O comportamento da distribuição dos coeficientes é semelhante em ambas as situações simuladas, incluindo seus valores máximos e mínimos. Pequenas alterações nos coeficientes são observadas quando comparadas nas regiões identificadas nos gráficos, principalmente nos pontos de distâncias paramétricas iniciais (0,01 m) e na borda à sotavento (0,14 m), dadas as ocorrências do fluxo do vento, devido às interferências aerodinâmicas advindas da disposição do telhado.

## CONCLUSÕES

A magnitude da velocidade do vento foi alterada conforme as disposições da estrutura, sendo que na situação à esquerda obteve-se maior valor de velocidade. Esse fator pode contribuir com a dissipação do calor e umidade no interior da estrutura, no entanto, requer maior cuidado quanto aos esforços.

A pressão estática não teve alteração em seu valor máximo quando comparado os dois modelos, no entanto, os elementos estruturas em que ocorreram os maiores valores de pressão foram diferentes de um modelo para outro.

Os coeficientes de pressão foram fortemente alterados conforme a disposição do modelo, sendo que o modelo à direita apresentou formação de zonas de sobrepressão e sucção no telhado à barlavento, enquanto o modelo à esquerda apresentou valores menores de coeficiente de sobrepressão no telhado à barlavento e maiores de sucção à sotavento.

Assim, conclui-se que ambos os modelos apresentam possibilidade de serem implementados na região de

Jandaia do Sul, destacando que cada um destes apresentou diferentes situações, que merecem destaques na região dos telhados, necessitando de atenção nas fixações e uso adequado de materiais, para que não se tenha danos de destelhamento pelo beiral ou pela vedação vertical.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 95 p., 2023.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. PCA - Programa para construção e ampliação de armazéns. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pca>> Acesso em 26 de maior de 2024.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Último levantamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas. 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimo-levantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas>> Acesso em: 25 de maior de 2024.

GALLARDO, Alfonso P.; STUPELLO, Bruno; GOLDBERG, David J. K.; CARDOSO, João S. L.; PINTO, Marcos M. de Oliveira. Avaliação da capacidade da infraestrutura de armazenagem para os grãos agrícolas produzidos no Centro-Oeste brasileiro. Nota Técnica. 15 p. 2010.

GARCIA, E. R.; ZARAZUA, G. M. S.; JACOME, O. A.; GEA, G. A. T.; MELENDEZ, D. J. G. Aerodynamic study of greenhouses using computational fluid dynamics. International Journal of the Physical Sciences. v. 6(28), p. 6541-6547, 2011.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL. Elaborar Projetos de Silos Secadores: Associação Rio-Grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural. Site, 2017. Disponível em: <https://www.rs.gov.br/carta-de-servicos/servicos?servico=1179>. Acesso em: 30 maio 2024.

HA, T.; LEE, I.; HWANG, H.; HA, J. Wind Pressure Coefficients Determination for Greenhouse Built on a Reclaimed Land. *Acta Horticulturae*. v. 1037, p. 1001-1007, 2014.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. Agricultura Familiar: Atlas do Espaço Rural Brasileiro. Site. 2017. Texto. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/atlasrural/pdfs/>. Acesso em: 27 maio 2024.

KATERIS, D. L.; KOTSOPOULOS, T. A.; FRAGOS, V. P.; MARTZOUPOULOU, C. N. Numerical Estimation of Pressure Coefficients over Single and Multispan Duo Pitched Roof Greenhouses. *Acta Horticulturae*. v. 952, p. 155-161, 2012.

MENTER, F. R. Zonal Two Equation  $k-\omega$  turbulence models for aerodynamic flows, AIAA Paper 93-2906, 1993.

MISTRITIS, A.; BRIASSOULIS, D. Numerical estimation of the internal and external aerodynamic coefficients of a tunnel greenhouse structure with openings. *Computers and electronics in agriculture*. v. 34, p. 191-205, 2002.

NTINAS, G.K.; ZHANG, G.; FRAGOS, V.P. Airflow around agricultural buildings: measurements in a wind tunnel and direct numerical simulation. *Acta Horticulturae*. v. 1037, p. 1009-1016, 2014.

OLIVEIRA, C. EZIQUIEL, D. S.; MUÇOUÇAH, M. F. S. A Importância da Armazenagem de Grãos Para o Agronegócio Brasileiro: Uma Síntese da literatura. A Importância da Armazenagem

de Grãos Para o Agronegócio Brasileiro, Site, p. 3-9, 11 jun. 2022. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2022/673-1170-1-RV.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2024.

RAMOS, M.; RAMOS, S. Y. Armazenagem agrícola no Brasil: Necessidade, disponibilidade e apoio governamental. *Revista de Política Agrícola*, Site, p. 7-23, 24 set. 2022. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1147412/1/Armazenagem-agricola-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2024.

SILVA, N. L. O.; GONÇALVES AGUIAR, A.; REBOUÇAS PEREIRA, A.; LIMA EVANGELISTA, C. L. E.; TELIZ DE LIRA, G.; CABRAL NETO, O. (2024). Déficit De Armazenagem de grãos no Brasil. *Revista Multidisciplinar Do Nordeste Mineiro*, 2(1). <https://doi.org/10.61164/rmnm.v2i1.2119>

SORIANO, J.; SHIGUEMOTO, A. C. G.; VIEIRA NETO, J. G. Advances in methodologies to assess wind actions in plastic-covered greenhouses. **Sci. agric.** 81, 2024. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2022-0276>

VIEIRA NETO, J. G.; SORIANO, J. Computational modelling applied to predict the pressure coefficients in deformed single arch-shape greenhouses. *Biosystems Engineering*. v. 20, 2020, p. 231-245. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.10.003>